

「植物のアポプラストと導管液」

私の研究テーマは「植物アポプラストの機能解明」です。植物は細胞の周りに細胞壁を持っているため、「細胞外」と言うと細胞壁の外側なのか細胞壁を含むのかがあいまいになってしまいます。そこで、細胞膜よりも外側の空間（細胞壁およびその外側の空間）を指してアポプラストと呼びます。ちょうどその反対が細胞から細胞壁を取り去ったプロトプラストです。アポプラストの特徴は、そこに存在するほぼ全ての物質（根で土壌から直接入ってくる物質を除く）が、細胞膜から分泌されたかまたは細胞膜を通過した物質（水も含む）であるという共通性を持っている点です。タンパク質や多糖類であれば小胞体やゴルジ体で作られたものがほとんどです。

中でも特に私が興味を持っているのは、植物個体内でのアポプラストの働きです。その一つが細胞壁物質を介した細胞間や組織間での接着現象です。特に最近では傷ついた茎が治る癒合メカニズムの解析を進めていますが、この話題に関しては以前のこのコーナーで私たちの最近の論文を紹介してもらっていますのでご覧ください。

ここでは、もう一つの代表的なアポプラストである導管液に関する研究を以下に紹介させていただきます。

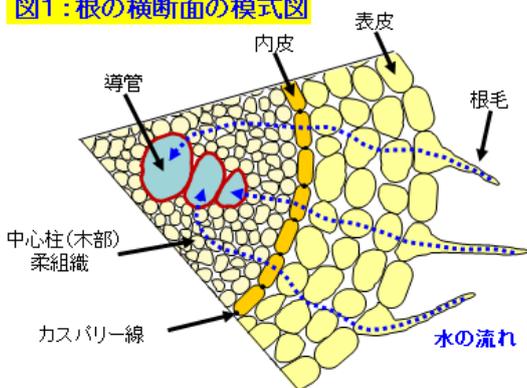
<根の構造と導管液>

普段私たちが目にする植物のほとんどは茎葉と根からできています。種子植物は花や果実も着けますが、これらの器官は各々異なる役割を持ち、分業することで個体全体として高い環境適応力と生産性を獲得しています。

これらの機能分化した器官同士をつなぎ、物質と情報の連絡を通して個体全体の統御に貢献しているのが維管束です。維管束は導管と篩管から構成されていますが、篩管は生きた細胞が長くつながった管で、主に葉から根や花・果実などへの輸送・伝達経路です。

一方、導管は螺旋や網目状に肥厚した細胞壁を持つ細胞が死んだ後の抜け殻が長くつながった管です。ちょうど中が抜けたストローをつなぎ合わせたような構造をしていて、根から茎葉への輸送・伝達を担当しています。その出発点となる根の中心柱の中を見ると、導管は木部の柔組織細胞に囲まれており、それらの細胞から水をはじめミネラルや根で合成された様々な有機物質が供給されて、導管液となって茎葉に向けて流れていきます（図1）。

図1: 根の横断面の模式図



根の中心柱はカスバリー線という特殊な細胞壁を持つ内皮に取り囲まれているため、土壌中の物質はそのまま流れ込んでいるわけではなく、根の細胞によるフィルターと選択を受けており、導管液は外界と遮断された特別なアポプラスト空間となっています。

<よくある質問：導管／道管、篩管／師管はどちらが正しい？>

ドウカンは高校の教科書では道管と書きますが、導管という表記も研究者の間ではよく用いられています。意味に厳密な違いはないのですが、用法を調べてみると違いが見えてきます。

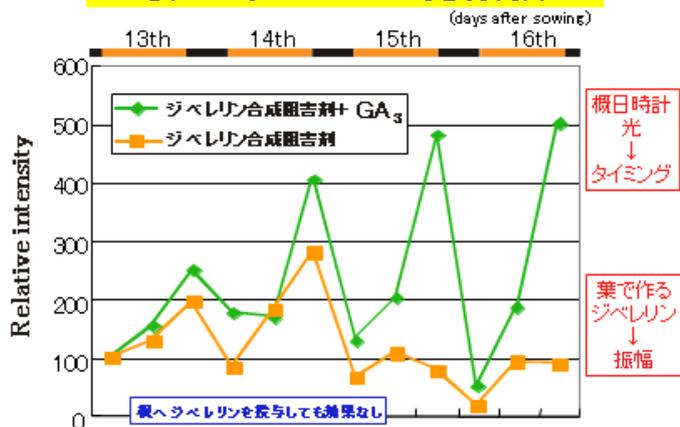
導管は生態学や農学の分野でよく使用され、道管は生理学の中でも特に発生学においてよく使用されます。つまり、導管は、ドウカンを根と茎葉をつなぐ一つの長い管として個体レベルでの機能に注目した場合に使用され、道管はそれを構成している一つ一つの細胞（道管要素）に注目した場合に使用される傾向が高く、この使い分けには意味があります。

一方、シカンも高校の教科書では師管と表記されますが、これは好ましくありません。というのは、そもそも篩管は、篩（ふるい）のような穴の開いた篩板（しばん）を介して細胞がつながっている管という意味であって、それを常用漢字の制限で師管と表記しては何のことやらさっぱり分からない非科学的な用語となってしまっています。むしろ、し管と表記するべきでしょう。

<茎葉によって制御される根の機能>

導管液はヘチマ水やメープルシロップ、シラカバ樹液などとして化粧品や食品、飲料に利用されています。水とミネラルしか含んでいないと思われるかもしれませんが、根で合成された多くの有機物質を含んでいます。その中には、果糖やブドウ糖、有機酸、サイトカニンのような低分子物質に加え、タンパク質や多糖のような高分子物質も含まれています。私たちは、土壌から取り込まれる無機物質も含めて、それらの導管液物質の役割の解明を目指しています。ヘチマ水で代表されるようにウリ科植物では茎を切ると切り口から導管液が容易に採取できます。その中に最も多く含まれている XSP30 と名付けたレクチン（糖鎖に結合する性質を持つタンパク質）の遺伝子を解析すると、その根における発現が毎日夕方に高まり、導管液を採るために地上部を切ってしまうと数日でその発現が無くなってしまふ事が分かりました。導管液の成分が採取する日によって変化してしまう事は経験的に知られていたことです。その原因を調べると、葉で作られるジベレリンが根での遺伝子発現に必要であることが分かりました(図2)。

図2: 概日時計と葉のジベレリンによる根におけるXSP30の発現制御



このことは、葉で感知された昼夜の環境情報や葉で作られた植物ホルモンが、遠く離れた根の機能を制御していることを示しています。現在、シロイヌナズナにおいて茎葉のジベレリンによって制御を受ける根の機能に関して、遺伝学や分子生物学の手法を用いて研究を進めているところです。

<四季の変化への適応>

温帯や亜寒帯に生育する植物は四季の変化、特に冬季の環境に対する適応能力を身に付けています。特に落葉広葉樹の多くは、夏の終わり（8月末）には日が短くなった事を葉が感知して芽の成長を止め、休眠芽を形成して冬越しの準備に入ります。冬の寒さは、乗り越えるべき障壁であると同時に、植物は一定の低温にさらされる事を休眠から覚めるための条件として使っています。このように植物は秋の短日や冬の低温を、暦を認知するために利用しています。

このような研究は主に芽に関して行われてきているのですが、土の中で重要な仕事をしている根も季節の変化に対応しているに違いありません。私たちは、落葉木本植物のモデルとしてゲノム解読が終了しているポプラを用い、根の機能、特に冬季環境に対する適応機構を研究しています。筑波大学キャンパス内に植えられているポプラ（セイヨウハコヤナギ）の枝を切り、その切り口を吸引ポンプにつないで、季節ごとに導管液を採取し、その成分を分析しました（図3）。

その結果、冬季にカルシウムやカリウム、ブドウ糖、ある種のタンパク質の濃度が顕著に高くなる事が見いだされました。それらの成分の合成や輸送に関わる遺伝子を、人工気象室で年間の季節変化を模した環境で栽培したポプラを用いて調べると、根において短日や低温に応答してそれらの遺伝子の発現が誘導されることが判明しました。短日の情報は葉が感知しているはずですが、低温も茎葉で感知されているのか？または根で直接感知されているのか？それらの情報がどのように根に伝えられているのか？冬季に増える物質が地上部に送られてどのような働きをしているのか？などなど興味はつきません。現在、研究を進めているところです。

図3:ポプラの導管液採取と水耕栽培



セイヨウハコヤナギ
(*P. nigra* var. *italica*)



ドロノキの水耕栽培
(*P. maximowiczii*)

(文献)

- 1) A. Oda, C. Sakuta, S. Masuda, T. Mizoguchi, H. Kamada and S. Satoh Possible involvement of leaf gibberellins in the clock-controlled expression of XSP30, a gene encoding a xylem sap lectin, in cucumber roots. *Plant Physiol.* 133: 1779-1790 (2003)
- 2) J. Furukawa, Y. Abe, H. Mizuno, K. Matsuki, K. Sagawa, M. Kojima, H. Sakakibara, H. Iwai, S. Satoh Seasonal fluctuation of organic and inorganic components in xylem sap of *Populus nigra*. *Plant Root* 5: 56-62 (2011)
- 3) J. Furukawa, Y. Abe, H. Mizuno, K. Matsuki, K. Sagawa, H. Mori, H. Iwai, S. Satoh Abscisic acid-inducible 25 kDa xylem sap protein abundant in winter poplar. *Plant Root* 5: 63-68 (2011)

(問合せ先) 佐藤忍 : satoh.shinobu.ga@u.tsukuba.ac.jp

生命環境科学研究科

生命共存科学専攻

H P : <http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~plphys/shinobuhomepage/SSindex.html>

<植物に対するスタンス>

植物が好きなのは多いと思いますが、植物に向き合うスタンスは大きく分けて3通りに分かれると思います。

1つ目は、利用を目的とするスタンスです。農業としてあるいは自家用に農作物を栽培するのは代表的な例です。学問分野でいえば農学です。一方、その対極にあるのが、ナチュラルリストのスタンスです。自然に過度に踏み込まず距離を置いて、野生の植物を見守ります。学問分野でいえば生態学や系統分類学などの生物多様性分野です。第3のスタンスは愛玩です。植物の世話に時間と労力を注いで楽しむ事を目的とします。園芸とも呼びます。学問分野ではもちろん園芸学ですが、私の専門とする植物生理学もそれに近い感覚です。

そんな私が、日々身近にある植物をどのように見ているか、興味のある方は、「手抜きグリーンインテリア・エクステリア」なるブログをのぞいてみてください。 http://blogs.yahoo.co.jp/satoh_hananooka

